

บทที่ 2

การจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

2.1 ระบบแสงสว่าง

แสงสว่างเป็นสิ่งที่ช่วยให้สามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ได้ ทำให้แสงสว่างเป็นสิ่งที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน ดังนั้นการที่บริเวณต่าง ๆ ได้รับแสงสว่างที่เหมาะสม ย่อมส่งผลให้การมองเห็นชัดเจนยิ่งขึ้น มีผลไปถึงการทำงานที่มีประสิทธิภาพ สร้างความปลอดภัย รวมไปถึงเพิ่มความสวยงามจากการใช้แสงสร้างบรรยากาศ

2.1.1 ปริมาณที่เกี่ยวข้องในการออกแบบระบบแสงสว่าง

- 1) ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux, Φ)
คือ ปริมาณแสงทั้งหมดที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงหรือหลอดไฟมีหน่วยเป็นลูเมน (Lumen หรือ lm)
- 2) ความเข้มของการส่องสว่างหรือกำลังส่องสว่าง (Luminous Intensity, I)
คือ การบอกกำลังแสงหรือความเข้มของการส่องสว่างที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด
หน่วยที่ใช้ในระบบ SI คือ แคนเดลา (Candela, cd) หรือแรงเทียน (Candle Power)
- 3) ความส่องสว่าง (Luminance or Luminosity, E)
คือ ปริมาณแสงหรือฟลักซ์การส่องสว่างเฉลี่ยที่เกิดบนพื้นที่ใด ๆ มีหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือลักซ์ (lux) หรือสามารถใช้ในหน่วยฟุตแคนเดิล (foot-candle, fc) (1 fc จะมีค่าเท่ากับ 10.76 lux) สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.1 และค่าความส่องสว่างเฉพาะจุดใด ๆ สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.2

$$E = d\phi / dA \quad (2.1)$$

$$E = I / r^2 \quad (2.2)$$

โดย

E	ความส่องสว่าง (lux)
I	ความเข้มของการส่องสว่าง (cd)
A	พื้นที่ที่รองรับมุม (m^2)
r	รัศมีหรือระยะทางจากจุดยอดมุมถึงพื้นที่รองรับมุม (m)
$d\phi$	ปริมาณแสง (lm)

- 4) ความสว่าง (Luminance) หรือความจ้า (Brightness)
คือ ค่าปริมาณแสงทั้งหมดที่ดวงตาจะได้รับจากการสะท้อนจากวัตถุหรือพื้นผิวใด ๆ มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m^2)
- 5) ค่าประสิทธิภาพความส่องสว่าง (Luminance Efficacy)
คือ การบอกถึงสมรรถนะของอุปกรณ์ โดยเทียบจากอัตราส่วนระหว่างความส่องสว่างหรือปริมาณแสงสว่างของแหล่งกำเนิดต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อวัตต์ (lm/Watt)
 - 5.1) ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอด (Lamp Luminous Efficacy) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงหรือฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟที่เปล่งออกมาต่อกำลังไฟฟ้าที่หลอดไฟใช้
 - 5.2) ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างของวงจร (Circuit Luminous Efficacy or System Luminous Efficacy) คือ ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดรวมบัลลาสต์ หรืออัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่หลอดเปล่งออกมาได้ต่อกำลังไฟฟ้าของวงจร หรือค่ากำลังที่หลอดรวมบัลลาสต์ใช้
- 6) ความเสื่อมของหลอด (Lamp Lumen Depreciation, LLD)
คือ ค่าปริมาณแสงจากหลอดไฟเมื่อครบอายุการใช้งานเมื่อเทียบกับปริมาณแสงเริ่มต้นใช้งาน

7) อุณหภูมิสี (Correlated Color Temperature, CCT)

คือ ลักษณะสีของแสงที่เกิดจากหลอดไฟแต่ละชนิด ซึ่งจะมีผลต่อความรู้สึกของผู้ใช้งานบริเวณนั้น ในระบบ SI มีหน่วยเป็น เคลวิน (Kelvin, K) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามค่าอุณหภูมิแสง ดังนี้

- แสงวอร์มไวท์ (Warm White) มีลักษณะแสงสีส้มเหลือง นวลสบายตาและให้ความสมจริง อุณหภูมิแสงอยู่ที่ 3500 K เหมาะสมกับ โรงแรม ร้านอาหาร หรือ ห้องนอน
- แสงคูลไวท์ (Cool White) มีลักษณะแสงสีเหลืองค่อนข้างขาวนวลตา อุณหภูมิแสงอยู่ที่ 4500 K เหมาะสมกับห้างสรรพสินค้าและโรงแรม
- แสงเดย์ไลท์ (Day Light) มีลักษณะแสงโทนสีขาวอมฟ้าใกล้เคียงแสงตอนกลางวัน ให้แสงสว่างสูงทำให้จื๋มมองเห็นได้ชัด อุณหภูมิแสงอยู่ที่ 6500 K เหมาะสมกับห้องอ่านหนังสือ โรงเรียน หรือ สำนักงาน

8) ดัชนีความถูกต้องสี (Color Rendering Index, CRI)

คือ ค่าที่แสดงถึงสีที่ได้มีความเหมือนจริงมากน้อยเพียงใด ค่านี้จะไม่มียุ่หน่วย มีค่าระหว่าง 0-100 โดยค่า CRI มากแสดงว่าสีที่ได้มีเหมือนจริงมาก

9) แสงบาดตา (Glare)

คือ การที่แสงเข้าตาแล้วส่งผลให้ประสิทธิภาพการมองเห็นลดลง บ้างยั้งหนึ่งมาจากการเลือกใช้โคมหรือตำแหน่งในการติดตั้งโคมไฟ โดยสามารถประเมินได้จากค่า Unified Glare Rating System (UGR) ที่เป็นมาตรฐาน CEI ในการประเมินการให้แสงภายในอาคาร โดยค่า UGR น้อยหมายถึงมีแสงบาดตาน้อย

2.1.2 แหล่งกำเนิดแสงสว่าง (Sources of Luminance)

แหล่งกำเนิดแสงหรือต้นกำเนิดแสงสว่างสามารถได้รับจาก 2 แหล่งหลัก คือ

1) แสงจากธรรมชาติ (Natural Luminance)

เป็นแหล่งให้แสงที่เกิดขึ้นเองทำให้สีที่ได้ถูกต้องและออกมาสวยงามตามธรรมชาติมากที่สุด เช่น แสงจากดวงอาทิตย์หรือแสงแดด (Sunlight) แสงจาก

ท้องฟ้า (Skylight) แสงที่ปรากฏในช่วงเวลากลางวัน (Daylight) หรือแสงสะท้อนที่มาจากบริเวณใกล้เคียง

2) แสงที่ประดิษฐ์ขึ้น (Artificial Luminance)

แสงที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นแหล่งให้แสงสว่างทดแทนแสงจากธรรมชาติ เช่น แสงจากหลอดไฟ ตะเกียง เทียนไข เป็นต้น ปัจจุบันหลอดไฟเป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างหลักภายในอาคารหรือบ้านพักอาศัย สามารถแบ่งได้ 3 ประเภทหลักตามคุณสมบัติของหลอดไฟ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1) หลอดมีไส้ (Incandescent Lamp)

หลอดชนิดนี้จะกินไฟมาก สามารถให้แสงสว่างทันทีเมื่อกดสวิตช์เปิด อีกทั้งยังสามารถทำงานได้ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง นอกจากนี้ยังใช้กับอุปกรณ์หรี่แสงได้ แต่อย่างไรก็ตามหลอดชนิดนี้บางประเภทจะมีความร้อนและ UV ประกอบอยู่ด้วย

2.2) หลอดปล่อยประจุ (Gas Discharge Lamp)

หลอดชนิดนี้ที่นิยมใช้กันมาก คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) จะมีอายุการใช้งานจะมากกว่าหลอดไส้ มีโทนสีของแสงสว่างให้เลือกถึง 3 แบบ คือ Warm White, Cool White และ Day Light หลอดชนิดนี้มักใช้ร่วมกับบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ อย่างไรก็ตามหลอดชนิดนี้มี UV และสารปรอท ซึ่งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งปัจจุบันสามารถหรี่ไฟผ่านบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และสวิตช์หรี่ไฟชนิดพิเศษเฉพาะได้ แต่อย่างไรก็ตามไม่เป็นที่นิยมใช้ เนื่องจากมีราคาสูงและส่งผลต่ออายุการใช้งานของหลอดไฟลดลง

2.3) หลอด LED (Light Emitting Diode Lamp)

เป็นหลอดไฟที่ประหยัดพลังงานและมีความทนทานมากกว่าหลอดไฟประเภทอื่น ๆ ปราศจากปรอทและสารกลุ่มฮาโลเจนที่เป็นพิษ จะให้แสงสว่างทันทีเมื่อเปิดสวิตช์จึงปรับหรี่แสงได้ง่ายกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์

2.1.3 หลักการเลือกใช้หลอดไฟ

- 1) ขั้วของหลอดไฟรวมถึงรูปทรงของหลอดไฟที่จะกำหนดทิศทางการให้แสง
- 2) อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับหลอดไฟ ระบบไฟฟ้าที่ใช้ และคุณลักษณะการทำงาน เช่น บัลลาสต์ สวิตช์ ระบบไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับ และความต้องการหรี่ไฟ เป็นต้น
- 3) คุณสมบัติเฉพาะของหลอดไฟต้องเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน
 - ฟลักซ์การส่องสว่างจะระบุถึงปริมาณแสงจากหลอดไฟในหน่วย lm
 - ค่า CRI ในการใช้งานปกติควรมีค่า 70-80
 - ค่า CCT ควรอยู่ในช่วงตั้งแต่ 2,700 K-6,500 K
 - ประสิทธิภาพของหลอดไฟหรือปริมาณแสงจากหลอดไฟต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้ (lm/Watt) ในการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายควรเลือกใช้หลอดไฟวัตต์ต่ำ ๆ แต่มีปริมาณแสงสว่างสูงหรือมีค่าประสิทธิภาพผลความส่องสว่างสูง
 - ความจำของแสง
- 4) อายุการใช้งานที่ยาวนานคุ้มค่าต่อราคาหลอดไฟ รวมถึงสินค้าควรผ่านการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

2.1.4 การให้แสงสว่างของแหล่งกำเนิด

การให้แสงสว่างของแหล่งกำเนิดหรือการกระจายของแสงจากแหล่งกำเนิดสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

- 1) แสงสว่างทั่วไป (General Lighting) คือ แสงที่มีการกระจายความสว่างโดยรวมทั่วบริเวณพื้นที่ใช้งาน จึงสามารถจัดการลดการใช้พลังงานของแสงรูปแบบนี้ได้
- 2) แสงสว่างเฉพาะที่ (Localized Lighting) คือ การให้แสงสว่างที่เหมาะสมตามพื้นที่หรือกิจกรรมที่ทำเฉพาะในบริเวณนั้น การให้แสงในรูปแบบนี้จะช่วยลดการใช้พลังงานแสงสว่างโดยไม่จำเป็นลง

- 3) การให้แสงสว่างเฉพาะจุด (Local Lighting) คือ การให้แสงสว่างเสริมโดยมีการกำหนดตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสม

2.1.5 มาตรฐานด้านแสงสว่าง (Luminance Standard)

ปริมาณแสงสว่างเป็นปัจจัยสำคัญต่อการทำกิจกรรมหรือการปฏิบัติงานในบริเวณต่าง ๆ ปริมาณแสงที่พอเหมาะจะทำให้รู้สึกสบายตา รู้สึกตื่นตัวหรือมีอารมณ์ในการทำงาน และทำให้มีการมองเห็นได้ถูกต้องชัดเจน ส่งผลให้ผู้ใช้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยในการใช้งานในบริเวณนั้น ๆ ด้วยเหตุนี้จึงมีการกำหนดมาตรฐานด้านแสงสว่าง เพื่อกำหนดระดับความส่องสว่างเฉลี่ยอย่างต่ำสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมบริเวณที่สำคัญต่างๆภายในอาคาร มาตรฐานสากลที่สำคัญ คือ มาตรฐานของ Illumination Engineering Society (IES) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 [19]

ตารางที่ 2.1 ค่าความส่องสว่างสำหรับพื้นที่และกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคาร

ย่านความส่องสว่าง (lux)	ชนิดพื้นที่ใช้งาน
20-30-50	ทางเดินและพื้นที่ทำงานภายนอก
50-100-150	ทางเดินภายในและการแหว่ผ่านระยะเวลาสั้น
100-150-200	ห้องที่ไม่ได้ใช้ทำงานแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานๆ
200-300-500	งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่น งานโรงงาน ช่างงานใหญ่
300-500-750	งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่น งานสำนักงาน
500-750-1000	งานที่ใช้สายตามาก เช่น งานเขียนแบบ
750-1000-1500	งานที่ใช้สายตามาก ๆ เช่น งานประกอบชิ้นส่วนเล็ก
1000-1500-2000	งานที่ใช้สายตาเป็นพิเศษ เช่น งานที่ชิ้นส่วนเล็กมาก
มากกว่า 2000	งานที่ใช้สายตาเพื่อการทำงานที่พิถีพิถัน เช่น ผ่าตัด

2.1.6 การควบคุมและการจัดให้มีแสงสว่างเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน

ในระบบแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพต้องมีการจัดแสงสว่างให้เหมาะสมต่อการใช้งานในแต่ละบริเวณ รวมถึงควบคุมพลังงานที่ใช้ในระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ใช้มีการมองเห็นที่ชัดเจน ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและความปลอดภัย โดยมีปัจจัยที่ควรพิจารณา ดังนี้

- 1) การจัดการกับแหล่งกำเนิดแสง โดยเฉพาะการนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้งานให้มากที่สุด รวมถึงการเลือกใช้หลอดไฟและโคมไฟที่เหมาะสมกับสถานที่และบริเวณนั้น เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงสามารถทำให้เกิดแสงจ้าซึ่งสามารถลดประสิทธิภาพในการมองเห็นลง
- 2) ลักษณะของห้อง เช่น การเลือกใช้สีและวัสดุทำเพดานและผนังของห้องที่ส่งผลต่อการสะท้อนและกระจายแสง
- 3) ปริมาณแสงที่เพียงพอต่อการทำงานโดยมีค่าตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

2.1.7 การออกแบบติดตั้งระบบแสงสว่างภายในอาคารด้วยวิธีลูเมนต์ (Lumen Method)

การออกแบบแสงสว่างภายในอาคารด้วยวิธีลูเมนต์มีอยู่ 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบ Zonal Cavity Method และ Point by Point Method ซึ่งวิธีที่นิยมใช้คือวิธี Zonal Cavity Method เนื่องจากเป็นวิธีคำนวณโดยคิดจากความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ ทำให้ง่ายไม่ซับซ้อนเมื่อต้องการคำนวณจำนวนหลอดต่อโคมไฟที่ควรติดตั้งในบริเวณนั้น ๆ โดยมีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

- 1) กำหนดค่าปริมาณความส่องสว่าง มีหน่วยเป็น lux ให้เป็นไปตามมาตรฐาน IES (ตารางที่ 2.1) จากนั้นวัดขนาดบริเวณที่ต้องการติดตั้งโคมไฟ และเลือกประเภทของหลอดไฟและชนิดโคมไฟ
- 2) หาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of Utilization, CU) เป็นขั้นตอนที่ยากที่สุด โดยจะนำค่าอัตราส่วนโพรง (Cavity Ratio) และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของห้อง (Effective Cavity Reflectance) ไปเทียบในภาคผนวก ก1 ตารางที่ ก.1 หรือ กำหนดโดยประมาณซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดค่าโดยประมาณที่ 0.6 รายละเอียดและตัวอย่างวิธีการคำนวณค่า CU ได้แสดงในภาคผนวก ก1
- 3) หาค่าความเสื่อมของหลอดไฟ (LLD) โดยค่านี้จะขึ้นอยู่กับค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดการใช้งาน (Mean Lumen Output, $Lumen_{Mean}$) และค่าความสว่างเริ่มต้น (Initial Lumen Output, $Lumen_{Initial}$) ที่ถูกกำหนดจากผู้ผลิตสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3 หรือกำหนดโดยประมาณ ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดค่าโดยประมาณที่ 0.8

$$LLD = Lumen_{Mean} / Lumen_{Initial} \quad (2.3)$$

- 4.) หาค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (LDD) ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของโคม, ความสะอาดของห้อง และระยะบำรุงรักษา จากนั้นนำไปเทียบจากกราฟค่าตัวประกอบเนื่องจากความสกปรกโคมหรือกำหนดโดยประมาณ ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดค่าโดยประมาณที่ 0.8 รายละเอียดและตัวอย่างวิธีการคำนวณค่า LDD ได้แสดงในภาคผนวก ก2

- 5.) นำค่าที่ได้มาหาค่าฟลักซ์ส่องสว่างรวมของบริเวณนั้น (Total Luminaire) ตามสมการที่ 2.4

$$TL = E \times A / (CU \times LLD \times LDD) \quad (2.4)$$

โดย

TL ค่าฟลักซ์ส่องสว่างรวมของบริเวณนั้น (lux)

A พื้นที่ของห้องที่ออกแบบ (m^2)

E ปริมาณความส่องสว่าง (lux)

- 6.) นำค่า TL ที่ได้ไปคำนวณหาจำนวนโคมที่ต้องการติดตั้งภายในบริเวณนั้น ตามสมการที่ 2.5

$$N = TL / (Lumen \times m) \quad (2.5)$$

โดย

N จำนวนดวงโคม

$Lumen$ ค่าปริมาณแสงจากหลอดไฟ (lm)

m จำนวนหลอดไฟต่อโคม

ตัวอย่างวิธีการออกแบบระบบไฟฟ้าส่องสว่างได้แสดงในภาคผนวก ก3

2.2 การจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting Energy Management)

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นระบบมีความจำเป็นในทุกสถานที่และทุกกิจกรรม โดยเฉพาะในช่วงเวลา กลางคืนที่เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก ทำให้พลังงานไฟฟ้าส่วนหนึ่งถูกใช้ไปในระบบนี้ ดังนั้นถ้าระบบ แสงสว่างมีการจัดการให้ใช้อย่างคุ้มค่าหรือมีการบริหารให้มีการใช้เท่าที่จำเป็น ก็จะ สามารถลด พลังงานที่ถูกใช้ลงไปได้ไม่น้อย ที่สำคัญระบบนี้เป็นระบบที่สามารถจัดการการใช้พลังงานได้ง่าย และมีสิ่งที่สามารถใช้ทดแทนได้ ได้แก่ การใช้แสงจากธรรมชาติ ทำให้เกิดผู้ให้ความสนใจที่จะลด การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง ไม่ว่าจะเป็นการลดเวลาในการใช้หรือลดจำนวนในการใช้ เป็นต้น

นอกจากนี้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ดี ผลของขบวนการต้องสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ (Efficiency) และประสิทธิผล (Effectiveness) ในการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งขบวนการทั้งหมด ต้องผ่านการศึกษา วางแผน ออกแบบและควบคุมที่ดี เพื่อให้พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้มีประโยชน์มาก ที่สุด นั่นคือ การใช้เฉพาะช่วงเวลาที่เป็นจำเป็น เปรียบได้ว่าเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในส่วนของประสิทธิผล คือ ผลของพลังงานที่ใช้ในระบบแสงสว่างแต่ละเดือนมี ปริมาณลดลงจึงส่งผลต่อค่าใช้จ่ายไฟฟ้ลดลง อีกทั้งผู้ใช้ไฟฟ้าแสงสว่างได้รับแสงที่เหมาะสมไม่มีผลต่อ การทำงานหรือกิจกรรมในบริเวณนั้น

2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมและจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง

การเลือกใช้อุปกรณ์ในการควบคุมและจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างควรมีการ พิจารณาในเรื่อง วิธีการใช้ของอุปกรณ์ สภาพแวดล้อม และลักษณะของสถานที่นั้น เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดอาคารสถานที่ การติดตั้งไม่ยุ่งยาก สะดวกต่อการบำรุงรักษา สามารถใช้งานร่วมกับระบบอื่นได้ และมีราคาที่เหมาะสม ยังส่งผลต่อความปลอดภัย ของผู้ใช้ อุปกรณ์ในการจัดการพลังงานแสงสว่างมีอยู่ 2 ประเภท คือ

1) อุปกรณ์สำเร็จรูป

ปัจจุบันมีอุปกรณ์สำเร็จรูปที่ช่วยควบคุมการใช้แสงสว่าง เช่น อุปกรณ์ตรวจจับ ความเคลื่อนไหวเพื่อเปิด/ปิดไฟอัตโนมัติ ไฟโต้เซลล์เป็นตัวตรวจสอบระดับแสง ภายในห้องให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม อุปกรณ์ปรับระดับแสง และอุปกรณ์ที่ใช้ ในการตั้งเวลาเปิด/ปิดไฟ เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้จะออกแบบมาให้ง่ายต่อการ นำมาใช้งาน นั่นคือ สามารถติดตั้งเข้าระบบได้ทันที แต่อย่างไรก็ตามราคาค่อนข้างสูงและจะทำงานได้อย่างจำกัดตามชนิดของอุปกรณ์นั้น ๆ ไม่สามารถนำ อุปกรณ์เหล่านี้มาสื่อสารให้ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ชนิดอื่นได้ หรือภายในบริเวณ

เดียวกันจะทำงานแยกกันตามจำนวนอุปกรณ์ที่ติดตั้ง ทำให้ต้องสิ้นเปลืองในการซื้ออุปกรณ์ที่เกินความจำเป็น

2) ออกแบบและสร้างขึ้นเอง

การออกแบบและสร้างระบบควบคุมแสงสว่างจากการสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการร่วมควบคุมหรือตั้งการตามโปรแกรมที่ได้ โปรแกรมไว้ นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เสริมได้ง่าย เช่น อุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) ชนิดต่าง ๆ ไร้สาย เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามระบบต้องมีการโปรแกรมที่ดี เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่เกิดการผิดพลาดที่อาจส่งผลถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งาน การออกแบบและสร้างเองจะทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการเขียนโปรแกรมที่ดีจะลดจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ได้ด้วยเช่นกัน

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการควบคุมและจัดการระบบไฟฟ้าแสงสว่างด้วยการออกแบบเพื่อทำการสร้างวงจรและอุปกรณ์ขึ้นเอง จากการใช้วงจรเปิด/ปิดไฟและวงจรรีเลย์ที่สามารถทำได้ง่ายราคาไม่แพงแต่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพให้ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์และบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กในการควบคุมการทำงานของระบบ

2.3 การวัดการใช้พลังงาน (Energy Consumption Monitoring)

เมื่อมีการใช้พลังงานจากระบบไฟฟ้าจึงต้องมีการวัดปริมาณต่าง ๆ ทางไฟฟ้าเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในงานตรวจเช็ค งานวัดและงานทดสอบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้พิจารณาเรื่องการบำรุงรักษาระบบหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน และนำข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์หรืออาคารต่าง ๆ ไปจัดการหรือควบคุมการใช้พลังงานในอาคารนั้น นอกจากนั้นยังใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า โดยตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณทางไฟฟ้าที่มักถูกใช้ในการวัด สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า หน่วยที่ใช้ทางไฟฟ้า และเครื่องมือที่ใช้วัดค่าปริมาณทางไฟฟ้านั้น เนื่องจากในการวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าแต่ละชนิดต้องเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม มิฉะนั้นอาจเกิดอันตรายต่อผู้ทำการวัด อุปกรณ์หรือเครื่องมือวัดอาจได้รับความเสียหายได้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณที่สำคัญในการวัด สัญลักษณ์ และหน่วยที่ใช้ทางไฟฟ้า

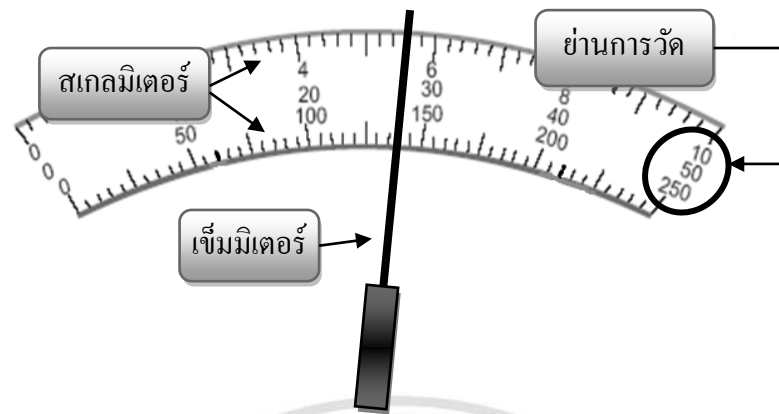
ปริมาณทางไฟฟ้า	สัญลักษณ์	หน่วยที่ใช้ทางไฟฟ้า	อุปกรณ์ที่ใช้วัด
กระแสไฟฟ้า (Electrical Current)	I	แอมแปร์ (Ampere, A)	แอมมิเตอร์
แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force)	V	โวลต์ (Volt, V)	โวลท์มิเตอร์
ความต้านทานทางไฟฟ้า (Electrical Resistance)	R	โอห์ม (Ohm, Ω)	โอห์มมิเตอร์
กำลังไฟฟ้าจริง (Electrical Power)	P	วัตต์ (Watt, W)	วัตต์มิเตอร์
กำลังงานที่ปรากฏ (Apparent Power)	S	โวลต์-แอมป์ (VA)	โวลต์แอมป์มิเตอร์
กำลังงานที่เสมือน (Reactive Power)	Q	วาร์ (VAR)	วาร์มิเตอร์
ค่าตัวประกอบ กำลังไฟฟ้า (Power Factor)	PF	ไม่มีหน่วย	มัลติมิเตอร์
พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy)	E	วัตต์-ชั่วโมง, หน่วย (Wh, Unit)	กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์

จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์เครื่องวัดทางไฟฟ้าที่มีอยู่ในปัจจุบันต้องผ่านการปรับแต่งและเปรียบเทียบกับมาตรฐานก่อนที่จะนำมาใช้งาน ซึ่งเครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้าจะมี 2 ลักษณะ คือ

- เครื่องวัดไฟฟ้าแบบอนาล็อก (Analog Instrument)

สามารถอ่านปริมาณที่วัดได้จากสเกลของเครื่องวัดที่เข็มชี้ค่าอยู่ขณะนั้น ซึ่งสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของค่าต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนจากการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของเข็ม

วิธีอ่านสเกลของมิเตอร์แบบอนาล็อกต้องพิจารณาย่านการวัดที่ใช้ก่อนจะอ่านค่าจากสเกลมิเตอร์ที่เข็มชี้อยู่ เช่น เข็มชี้อยู่ที่ตำแหน่งดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งสเกลมี 3 ย่านการวัด คือ 10 V, 50 V และ 250 V จะสามารถอ่านค่าได้ดังนี้



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งเข็มที่ชี้บนสเกลหน้าปัดเครื่องวัดแบบเชิงเส้น

ย่านวัด	10	V	อ่านค่าได้	5.6	V
ย่านวัด	50	V	อ่านค่าได้	28	V
ย่านวัด	250	V	อ่านค่าได้	140	V

- เครื่องวัดไฟฟ้าแบบดิจิตอล (Digital Instrument)

ปริมาณที่วัดได้จะแสดงผลออกมาในรูปแบบตัวเลข ทำให้สะดวกในการใช้งานมากกว่า และมีความผิดพลาดในการอ่านค่าได้น้อยกว่าแบบอนาล็อก

2.3.1 อุปกรณ์วัดค่ากำลังไฟฟ้า (Electrical Power Meter)

ปริมาณทางไฟฟ้าแต่ละปริมาณมีอุปกรณ์ที่ใช้วัดที่แตกต่างกัน อุปกรณ์พื้นฐานในการวัดกำลังไฟฟ้าที่นิยมใช้ตามอาคารและบ้านพักอาศัยมากที่สุด คือ กิโลวัตต์อวาร์มิเตอร์ ใช้วัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปในหน่วยกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) โดยมีการใช้แม่เหล็กในการหมุนจานหมุนให้เคลื่อนที่ และเฟืองจะไปขับเข็มให้แสดงค่าออกมาหรืออาจเป็นขั้วชุดแสดงค่าเป็นตัวเลข โดยจำนวนรอบการหมุนขึ้นอยู่กับพลังงานที่ใช้ไปของภาระที่ต่ออยู่ในเวลาที่แตกต่างกัน โดยมิเตอร์จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ มิเตอร์ 1 เฟส และ 3 เฟส ซึ่งมีการเลือกใช้ตามการใช้งานของโหลดที่มากหรือน้อย นอกจากนั้นมิเตอร์จะมีทั้งชนิดมีทศนิยมและไม่มีทศนิยม ซึ่งในการวัดการใช้พลังงานในระบบต้องนำค่าตัวเลขทุกตำแหน่งที่แสดงมาคิด

การติดตั้งใช้งานมิเตอร์นั้นต้องมีการติดตั้งหม้อแปลงกระแส (Current Transformer, CT) เพื่อลดขนาดกระแสที่จะไหลเข้ามิเตอร์ เนื่องจากพิกัดกระแสสูงสุดของมิเตอร์จะไม่สูงมาก ในการต่อ CT ต้องระวังเรื่องทิศทางกระแสและขั้วในการต่อ เพราะถ้า

ต่อผิขั้วจะทำให้มิเตอร์หมุนกลับทางได้ และที่สำคัญในการอ่านค่ามิเตอร์นั้นต้องนำอัตราส่วนของ CT เข้าคูณกับค่าหน่วยมิเตอร์ที่ใช้งานจริงซึ่งทราบได้จากการนำค่ามิเตอร์เริ่มต้นการวัดมาหักลบกับค่าสิ้นสุดการวัด

ค่าจากมิเตอร์สามารถนำไปวิเคราะห์ผลการใช้กำลังไฟฟ้า เพื่อนำค่าที่ได้ไปจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในอาคารได้ จากรูปที่ 2.2 แสดงค่าบนหน้าจอมิเตอร์ที่ทำการต่อผ่าน CT ขนาด 200/5 พบว่าสามารถอ่านค่าได้จากมิเตอร์ 484 (a) และ 48.4 (b) จากสมการที่ 2.6 จะพบว่าค่าพลังงานที่ใช้จริง คือ 19,360 kWh และ 1,936 kWh ตามลำดับ

$$E = \text{Unit} \times CT \quad (2.6)$$

โดย

E ค่าพลังงานที่ใช้จริง (kWh หรือหน่วย)

Unit หน่วยที่ได้จากการอ่านมิเตอร์

CT ขนาดของ CT

แทนค่า (a) $E = 484 \times (200 / 5) = 19,360 \text{ kWh}$

 (b) $E = 48.4 \times (200 / 5) = 1,936 \text{ kWh}$

นอกจากนี้จากหน้าจอแสดงผลของมิเตอร์ยังบอกถึงชนิดของมิเตอร์ที่เป็นชนิด 1 เฟส 2 สาย ใช้กับไฟฟ้า 230 Vac 50 Hz ในส่วนฟักัดกระแสของมิเตอร์ 5(15) A นั้นหมายถึง เหมาะสำหรับบ้านพักอาศัย ที่ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 15 A

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

WATTHOUR METER

0

0

4

8

4

10,000
1,000
100
10
1

kWh

TYPE	1 PHASE 2 WIRE	DATE:
230 V	50 Hz	No.
30 (100) A	1200 rev/kWh	

WATTHOUR METER

0

0

4

8

•

4

1,000
100
10
1

kWh

TYPE	1 PHASE 2 WIRE	DATE:
230 V	50 Hz	No.
30 (100) A	1200 rev/kWh	

รูปที่ 2.2 จอแสดงผลของกิโลวัตต์อวาร์มิเตอร์

ในส่วนข้อมูล 1200 rev/kWh นั้น หมายถึง มิเตอร์เครื่องนี้จะทำการหมุน 1200 รอบต่อการใช้พลังงาน 1 kWh หรือต่อ 1 หน่วยการใช้ไฟ ซึ่งสามารถอธิบายได้ ดังนี้

1,200rev / kWh คือ 1 รอบ ต่อ 1/1,200kWh

คือ 1 รอบ ต่อ $(1/1,200) \times 3,600 \text{ kW.s}$

คือ 1 รอบ ต่อ 3kW.s

คือ 1 รอบจะใช้พลังงานไป 3kJ ($1 \text{ kJ} / \text{s} = 1 \text{ kW}$)

สรุปได้ว่า ในการหมุน 1 รอบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าไป 3 kW หรือ 3 kJ

ในกรณีที่ต้องวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการที่ 2.7 โดยการนับรอบจานหมุน (rev) และการจับเวลาในการหมุนของมิเตอร์นั้น จากนั้นนำไปเทียบกับค่า rev/kWh ของมิเตอร์เครื่องนั้น

$$P = [(1 / rev) \times 3600 \times 1000] \times (n / t) \quad (2.7)$$

โดย

P	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Watt)
rev	ค่า rev/kWh ที่ระบุไว้บนมิเตอร์
n	จำนวนรอบที่จานหมุน (รอบ)
t	เวลาทั้งหมดที่วัดได้ (s)

เช่น สามารถจับเวลาในการหมุนของมิเตอร์ 5 รอบใช้เวลาในการหมุน 120 วินาที มิเตอร์ระบุ 1200 rev/kWh จะสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ถูกใช้ไป คือ 44.11 Watt

$$P = [(1 / 1200) \times 3600 \times 1000] \times (1 / 68) = 44.11 \text{ Watt}$$

แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการพัฒนาอิเล็กทรอนิกส์ให้มาเป็นแบบชนิดดิจิทัล ที่สามารถแสดงค่าพลังงานที่ใช้จริงได้เลย เพียงแค่ผู้ใช้ตั้งค่า CT Ratio ที่ใช้ให้กับเครื่องมิเตอร์ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนามิเตอร์ให้สามารถวัดค่าทางไฟฟ้าได้ทุกค่า รวมถึงมีการบันทึกข้อมูลเก็บไว้ที่มิเตอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้ และในบางรุ่นสามารถต่อเข้ากับโปรแกรมเพื่อจัดการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละวันได้ด้วยเช่นกัน

2.4 การจัดการพลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy Management)

การจัดการพลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้หลากหลายวิธี ซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลัก 2 อย่าง ได้แก่ ปัจจัยด้านเวลาและกำลังไฟฟ้า เนื่องจากพลังงานเกิดจากกำลังไฟฟ้าคูณกับเวลา โดยในด้านเวลาคือการลดเวลาในการใช้งานลง ส่วนด้านกำลังไฟฟ้าคือลดจำนวนของโหลดหรือโหลดไฟลง

2.4.1 กำลังไฟฟ้า (Electric Power)

คือ พลังงานไฟฟ้าที่โหลดไฟใช้เพื่อให้มีการเปล่งแสงสว่างขึ้นในช่วงเวลา 1 วินาที โดยโหลดแต่ละชนิดจะมีค่ากำลังไฟฟ้าที่ต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดไฟ และความต่างศักย์ที่โหลดไฟต่ออยู่ มีหน่วยเป็น J/s หรือ Watt ค่ากำลังไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.8

$$P = IV \times PF \quad (2.8)$$

โดย

P	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Watt)
V	ความต่างศักย์ที่ต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า (V)
I	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า (A)
PF	ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่หลอดไฟแต่ละชนิดต้องการใช้จะระบุที่ป้ายหรือข้างกล่อง (Nameplate) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 พร้อมด้วยข้อมูลอื่น ๆ รวมถึงค่าปริมาณแรงดันที่เหมาะสมของหลอดไฟนั้น ๆ ทั้งในส่วนชนิดแรงดันของหลอดว่าเป็นหลอดไฟชนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC) หรือไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งเป็นส่วนจำเป็นต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับหลอดไฟแต่ละชนิด ไมเช่นนั้นหลอดไฟจะเสื่อมคุณภาพ เสียหาย และอาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ได้

แรงดันที่
เหมาะสม

Specification

Type	Voltage/ Frequency	Power Factor	Color Temp	Average life time (h)	Dimension (LxWxH)
14W	220-240V~/50/60Hz	0.6	6500K/4000K/3000K	10000	585.5x 26x 42mm
28W	220-240V~/50/60Hz	0.95	6500K/4000K/3000K	10000	1185.5x 26x 42mm

กำลังไฟฟ้าที่
หลอดใช้งาน

36^W

TL-D36W/54-765

Light output 2600 lm
Lamp efficacy 72 lm/W
Lifetime 13000 hrs

6200K
Cool Daylight

* 所有數據均基於飛利浦實驗室測試結果
* All data based on tests in Philips lab.
Made in Thailand

© 2013 Koninklijke Philips N.V. All rights reserved.

รูปที่ 2.3 รายละเอียดข้อมูลของหลอดไฟ

2.4.2 ค่าพลังงานไฟฟ้า (Electric Energy)

เมื่อต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้าให้หลอดไฟ ค่ากำลังไฟฟ้าที่หลอดไฟใช้ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานแสงสว่าง เพื่อให้แสงสว่างออกมาตลอดช่วงระยะเวลาการใช้งาน คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปทั้งหมด มีหน่วยเป็น Wh หรือ Unit สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.9

$$E = P \times t \quad (2.9)$$

โดย

P กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Watt)

E พลังงานไฟฟ้า (Watt)

t เวลา (s)

แต่พลังงานไฟฟ้าในหน่วย w.s เป็นหน่วยที่เล็กมาก จึงนิยมคิดเป็น kWh หรือ หน่วย (Unit) โดยจำนวนหน่วยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.10

$$Unit = \frac{P \times t}{1000} \quad (2.10)$$

โดย

$Unit$ จำนวนหน่วย (kWh)

P กำลังไฟฟ้า (Watt)

t เวลา (hour)

ดังนั้นจะพบว่าหลอดไฟที่ต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากจะสิ้นเปลืองพลังงานมาก หรือในอีกแง่หนึ่งการใช้เป็นเวลานานจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากเช่นกัน ซึ่งในการคิดค่าไฟฟ้าจะขึ้นกับจำนวนหน่วยทั้งหมดที่ใช้ไป ทำให้ส่งผลต่อค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายแพงขึ้นตามอัตราค่าไฟฟ้า

2.4.3 ค่าพลังไฟฟ้า, ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า หรือค่าดีมานด์ (Demand)

คือ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงเวลา 15 นาที ดังแสดงในรูปที่ 2.4 มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ (kW) ซึ่งสามารถคำนวณค่าความต้องการพลังไฟฟ้าในช่วงเวลา 15 นาที ดังสมการที่ 2.11

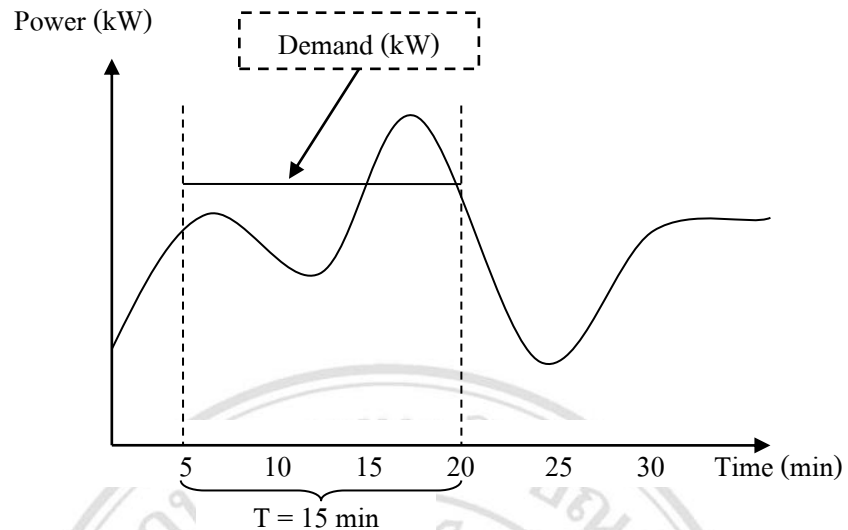
$$Demand_{15min} = \int_0^T P dt = \int_0^{15min} P dt \quad (2.11)$$

โดย

$Demand_{15min}$ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงเวลา 15 นาที (kW)

P กำลังไฟฟ้า (Watt)

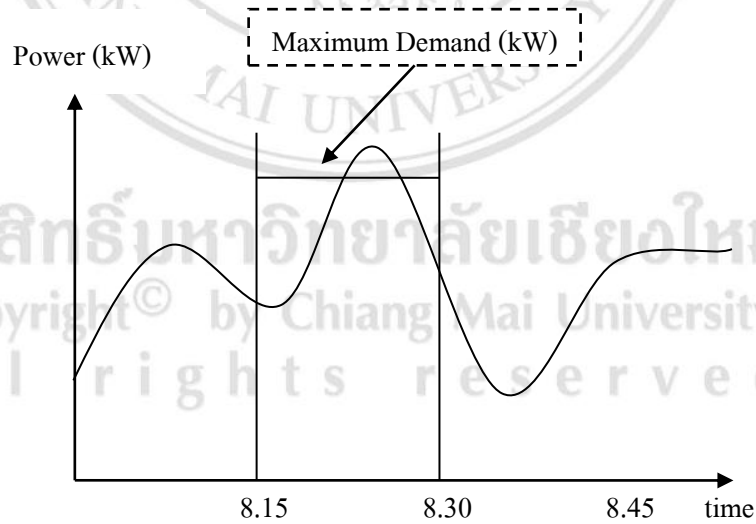
T คาบเวลาที่กำหนดในการวัดความต้องการ



รูปที่ 2.4 ค่ามัธยฐานกราฟโหลด

2.4.4 ค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด, ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด หรือค่ามัธยฐานสูงสุด (Maximum Demand)

คือ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงเวลา 15 นาทีที่มีค่ามากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2.5 มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ (kW)



รูปที่ 2.5 ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดบนกราฟของโหลด
ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 8.15 น.-8.30 น.

2.4.5 ภาระทางไฟฟ้าหรือโหลดทางไฟฟ้า (Load)

มักนิยมเรียกกันว่าโหลด หมายถึง อุปกรณ์ที่มีการใช้หรือนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับไปเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นเพื่อใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์เหล่านั้น ซึ่งโหลดไฟฟ้าก็คือโหลดชนิดหนึ่งในระบบแสงสว่าง ที่มีการนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้งานเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานแสงสว่างออกมา

เมื่อต้องจัดการเรื่องการใช้พลังงานภายในอาคารจึงต้องแบ่งโหลดเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1) โหลดติดตั้ง (Connected Load)

เป็นโหลดทั้งหมดที่ติดตั้งอยู่ในระบบ อาจจะกำลังถูกใช้งานอยู่หรือไม่มีการใช้งานก็ได้ ซึ่งสามารถคำนวณค่าพลังงานจากโหลดติดตั้งได้จากกำลังไฟฟ้าทั้งหมดของโหลดไฟแต่ละชนิดที่มีอยู่ทั้งหมดภายในอาคาร

2) โหลดจริง (Actual Load)

เป็นโหลดที่กำลังใช้งานอยู่ในขณะนั้น สามารถคำนวณจากโหลดไฟที่มีการเปิดใช้งานอยู่ในช่วงเวลานั้น

ซึ่งในการจัดการพลังงานคือการควบคุมให้โหลดจริงมีจำนวนน้อยที่สุดจากโหลดติดตั้ง แต่ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานในด้านการงานและการมองเห็น

โดยการใช้พลังงานของโหลดหรือเครื่องใช้ไฟฟ้ามี 2 รูปแบบ คือ

1) กินไฟฟ้าคงที่และต่อเนื่อง

โหลดชนิดนี้สามารถจัดการหรือควบคุมการใช้พลังงานได้ง่าย เนื่องจากสามารถทราบค่ากำลังไฟฟ้าที่อุปกรณ์ใช้ในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้เลย เช่น โหลดไฟชนิดต่าง ๆ โทรทัศน์ เป็นต้น

2) กินไฟฟ้าคงที่แต่ไม่ต่อเนื่อง

โหลดชนิดนี้ยากต่อการควบคุมการใช้พลังงาน เนื่องจากไม่สามารถทราบได้แน่นอนว่าโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาใด เช่น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ กระจกน้ำร้อน เป็นต้น

2.4.6 กราฟของโหลดหรือเส้นโค้งโหลด (Load Curve)

พลังงานจะถูกใช้เมื่อโหลดถูกใช้งาน นั่นคือเมื่อมีการเปิดไฟพลังงานจะถูกใช้ตามความต้องการของกำลังไฟฟ้าที่ระบุไว้ของโหลดแต่ละชนิด ทำให้ค่าพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในอาคารจะคำนวณจากโหลดจริงเท่านั้น ทำให้ค่าพลังงานของระบบในแต่ละวันจะมีการเปลี่ยนแปลงตามการใช้งาน เมื่อนำมาพล็อตลงบนกราฟโดยกำหนดให้แกนตั้งเป็นกำลังไฟฟ้า (P) ในหน่วย kW และแกนนอนเป็นเวลา มีหน่วยเป็นชั่วโมงจะได้เป็นกราฟของโหลด

กราฟของโหลดมี 3 ชนิดตามช่วงเวลาที่ใช้ในแสดงผล คือ

1) กราฟของโหลดประจำวัน (Daily Load Curve)

แสดงผลการใช้พลังงานของโหลดจริงในช่วงเวลา 1 วัน ตั้งแต่ 0.00 น.-24.00 น.

2) กราฟของโหลดประจำเดือน (Monthly Load Curve)

แสดงผลการใช้พลังงานของโหลดจริงตลอดระยะเวลา 1 เดือน

3) กราฟของโหลดประจำปี (Yearly Load Curve, Annual Load Curve)

แสดงผลการใช้พลังงานของโหลดจริงตลอดช่วงเวลา 1 ปี

เราสามารถวิเคราะห์การใช้พลังงานภายในอาคารจากกราฟของโหลด เนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟของโหลดแสดงถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาต่าง ๆ ทำให้สามารถคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ตลอดทั้งวันบนกราฟของโหลดประจำวันจากสมการที่ 2.12

$$W = \int_0^T P dt = \int_0^{24} P dt \quad (2.12)$$

โดย

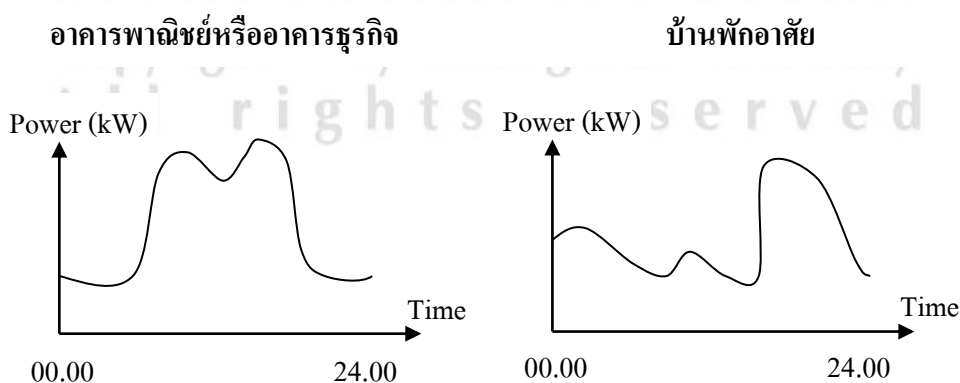
W พลังงานที่ต้องการตลอดทั้งวัน (kWh)

T ช่วงเวลา 1 วัน หรือ 24 ชั่วโมง

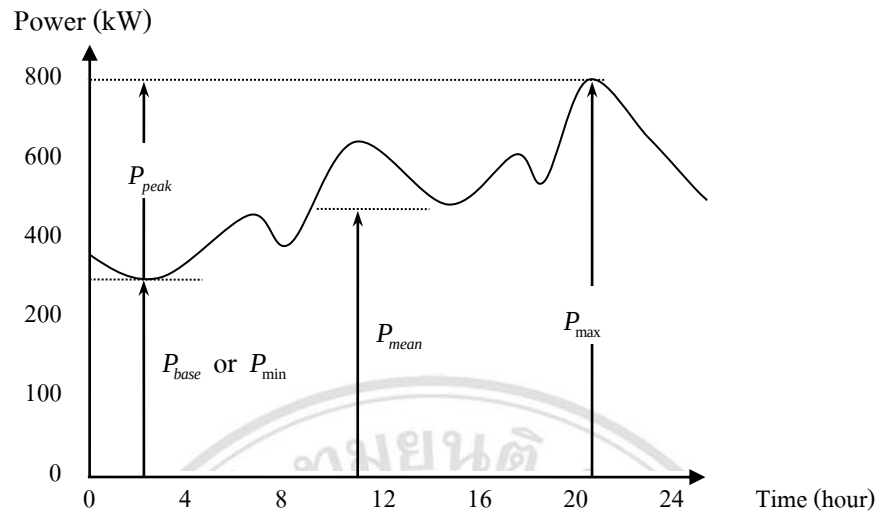
P กำลังไฟฟ้า (Watt)

นอกจากนี้จากกราฟโหลดยังสามารถทำให้เห็นถึงลักษณะการใช้ไฟของผู้ใช้ไฟแต่ละรายหรือแต่ละประเภทได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น โดยผู้ใช้ไฟแต่ละรายจะมีการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น กราฟของโหลดของอาคารประเภทอาคารพาณิชย์หรืออาคารธุรกิจมีการทำงานในช่วงเวลากลางวัน ส่งผลให้มีการใช้ไฟฟ้ามากในช่วงเวลานี้ จึงทำให้เส้นกราฟในช่วงเวลานี้จะสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ในส่วนอาคารบ้านพักอาศัย เส้นกราฟจะสูงในช่วงเวลาเย็น เนื่องจากจะมีการใช้ไฟฟ้ามากช่วงเย็นหรือหลังเลิกงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.6

จากการที่ผู้ใช้ไฟแต่ละรายมีการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน กราฟของโหลดจึงมีประโยชน์ในช่วยวางแผนจัดการและควบคุมการใช้พลังงานของอาคารนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมถึงการจัดการพลังงานให้เหมาะสมกับประเภทอัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟแต่ละประเภท จากการที่พื้นที่ได้กราฟของโหลดคือค่าพลังงานที่ถูกใช้งานทั้งหมด อีกทั้งเส้นกราฟจะทำให้ทราบถึงการใช้โหลดในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนว่าช่วงเวลาใดที่มีการใช้โหลดมาก (เส้นกราฟสูง) หรือ โหลดน้อย (เส้นกราฟต่ำ)



รูปที่ 2.6 กราฟของโหลดของอาคารแต่ละประเภทในเวลา 1 วัน



รูปที่ 2.7 ค่าต่างบนกราฟของโหลดที่ใช้ประจำวัน

ทำให้ง่ายต่อการควบคุมจัดการพลังงานจากโหลดไม่ให้มีค่าสูงมากเกินไปหรือควบคุมไม่ให้เกินค่าสูงสุดที่กำหนดไว้เพื่อควบคุมค่าดีมานสูงสุดภายในอาคารไม่ให้มีค่าสูงกว่าเดิม โดยการปิดโหลดหรือสลับโหลดที่ไม่จำเป็นไปใช้ในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานน้อยแทน (เส้นกราฟต่ำหรือพื้นที่ใต้กราฟน้อย) ซึ่งสำคัญต่อการคิดค่าไฟฟ้าชนิด TOU และ TOD เป็นอย่างมาก ซึ่งจะช่วยให้ลดค่าใช้จ่ายได้

จากรูปที่ 2.7 แสดงค่าที่ควรทราบบนกราฟของโหลดซึ่งประกอบด้วย

- 1) P_{base} หรือ P_{min} หมายถึง กำลังไฟฟ้าน้อยที่สุดที่โหลดใช้ในช่วงเวลาที่พิจารณา ซึ่งอาจเรียกว่าฐานโหลด
- 2) P_{max} หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่สูงที่สุดที่โหลดใช้ในช่วงเวลาที่พิจารณา ค่านี้เป็นค่าที่สำคัญค่าหนึ่ง เพราะเป็นค่าที่ต้องควบคุมไม่ให้มีค่าสูงเกินไปจากที่ได้กำหนดไว้
- 3) P_{mean} หรือ P_{av} หมายถึง กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา ดังนั้น กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยตลอด 1 วันสามารถคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟโหลด หรือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตลอดทั้งวันนั้นหารด้วย 24 ชั่วโมงดังแสดงในสมการที่ 2.13 และ 2.14

$$W = \int_0^T P dt = \int_0^{24} P dt \quad (2.13)$$

$$P_{mean} = \frac{W}{24} = \frac{W(kWh)}{t(h)} \quad (2.14)$$

โดย

P_{mean}	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของวัน (kW)
W	พลังงานที่ใช้ตลอดทั้งวัน (kWh)
T	ช่วงเวลา 1 วัน หรือ 24 ชั่วโมง (h)

- 4) P_{peak} หมายถึง ผลต่างระหว่างโหลดสูงสุดกับฐานโหลด

2.4.7 แนวปฏิบัติในการจัดการพลังงานแสงสว่าง

กระทรวงพลังงานได้มีการกำหนดมาตรการ 4 มาตรการในการอนุรักษ์พลังงานด้านแสงสว่าง [20] ดังนี้

- 1) การลดชั่วโมงการใช้งานที่ไม่จำเป็นในระบบแสงสว่าง
 - 1.1) การปิดสวิตช์ที่เปิดไว้ในบริเวณที่ไม่มีผู้ใช้งาน
 - 1.2) การปิดสวิตช์บางส่วนหรือหรี่ไฟลง
 - 1.3) การจัดแบ่งวงจรไฟฟ้าในอาคารจัดแบ่งพื้นที่เป็นสัดส่วนเล็ก ๆ เพื่อที่จะควบคุมการใช้งานเฉพาะบางส่วนได้
 - 1.4) จัดแบ่งจำนวนสวิตช์ให้เพียงพอและสัมพันธ์กับพื้นที่ใช้งานและเวลาที่ใช้

- 2) การใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงในระบบแสงสว่าง

การกำหนดให้มีการใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ไม่ว่าจะเป็นหลอดไฟบัลลาสต์ หรือ โคมไฟ เป็นต้น ซึ่งมีการพิจารณาใน 2 กรณี คือ

- 2.1) กรณีติดตั้งระบบแสงสว่างต้องพิจารณาให้ระดับความสว่างไม่มากเกินไป ความจำเป็น หรือการปรับปรุงระดับความส่องสว่างให้เหมาะสมและมีการใช้แสงสว่างเฉพาะบริเวณ (Task Lighting)
- 2.2) กรณีปรับปรุงระบบแสงสว่างเดิม สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนหลอดไฟ หรือ โคมไฟให้เหมาะสมกับการใช้งาน แต่ยังคงให้แสงสว่างที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานเดิม

3) การใช้แสงสว่างธรรมชาติในบริเวณที่เป็นไปได้

- 3.1) ในช่วงกลางวันให้เปิดฝ้าม่านเพื่อใช้แสงสว่างจากภายนอกแทนการเปิดใช้หลอดไฟ
- 3.2) ใช้หลังคาใสเพื่อสามารถใช้แสงธรรมชาติแทนหลอดไฟได้ในกรณีที่สร้างอาคารใหม่

แต่วิธีการนี้จะมีข้อเสีย คือ ขาดต่อการการควบคุมแสงมาจากดวงอาทิตย์มักเป็นแสงที่จ้าและในบริเวณนั้นจะมีอุณหภูมิที่สูง

4) การบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม

- 4.1) ความสว่างของหลอดไฟนั้นจะลดลงตามระยะเวลาจึงต้องมีการเปลี่ยนหลอดไฟตามอายุการใช้งานของหลอดไฟ เพื่อรักษาปริมาณความส่องสว่างที่เหมาะสม
- 4.2) การบำรุงรักษาหลอดและโคมไฟกระจายแสงให้สะอาด เพราะจะส่งผลให้ได้รับความส่องสว่างที่น้อยขณะที่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเท่าเดิม

2.4.8 การควบคุมการใช้ไฟฟ้าด้วยการจำกัดจากค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในเวลา 15 นาทีสูงสุดหรือค่าดีมานด์สูงสุดเป็นตัวกำหนดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของการคิดค่าไฟฟ้า เนื่องจากการไฟฟ้าจะใช้ค่านี้ในการวางแผนในการผลิต เพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งานของคนทั้งประเทศ จากนั้นจะคิดถึงเงินลงทุนที่ต้องใช้ในการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอ โดยค่าทั้งสองจะทำให้เกิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วย ทำให้วิธีการควบคุมพลังไฟฟ้าสูงสุดจะช่วยให้ระบบประหยัลดพลังงานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพไม่เพียงแต่ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง แต่ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายได้ด้วย โดยสามารถแบ่งแนวทางการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเป็น 2 แนวทาง ดังนี้

1) แนวปฏิบัติในการปรับการทำงานที่ตัวอุปกรณ์เพื่อควบคุมค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด

โดยวิธีการนี้จะควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีของทุกช่วงเวลาไม่ให้สูงเกินกว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดไว้ หรือการปรับการใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีเหมาะสม โดยสามารถวัดได้จากค่าตัวประกอบโหลด (Load Factor) สามารถคำนวณจากสมการที่ 2.15 ซึ่งค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสมจะสัมพันธ์กับ

ชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์ จะพบว่าใน 1 วัน (24 ชั่วโมง) ควรมีค่าอยู่ที่ 80% [21]

$$LF = [Unit / (P_{\max} \times Hour)] \times 100\% \quad (2.15)$$

โดย

LF	ตัวประกอบโหลด (%)
$Unit$	จำนวนหน่วยที่ใช้ทั้งหมดใน 1 เดือน (kWh)
$P_{\max}$	กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1 เดือน (kW)
$Hour$	จำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน (hour)

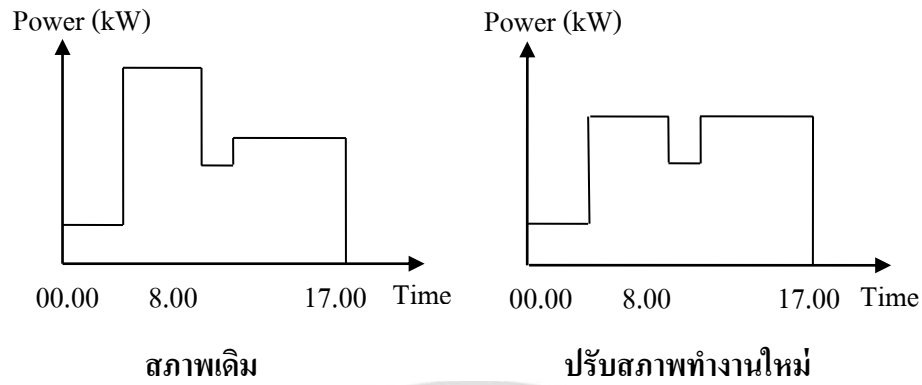
นั่นคือวิธีนี้จะเป็นการควบคุมให้ระบบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสม่ำเสมอ โดยการคำนวณหาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เหมาะสมจากการกำหนดให้ LF ของระบบให้มีค่า 80% เพื่อเป็นขีดจำกัดการใช้พลังงานของระบบไม่ให้เกินค่านี้

2) แนวปฏิบัติในการปรับการใช้ไฟฟ้าให้สอดคล้องกับวิธีการคิดค่าไฟฟ้าเพื่อควบคุมค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด

ในอาคารพาณิชย์หรืออาคารธุรกิจและบ้านพักอาศัยจะมีการคิดอัตราค่าไฟอยู่ 3 รูปแบบ จึงแบ่งวิธีการควบคุมได้เป็น 3 กรณี

กรณีที่ 1 ใช้ไฟฟ้าตามอัตราปกติ

การคิดค่าไฟในส่วนนี้จะคิดตามการใช้งานแบบอัตราก้าวหน้ายิ่งมีการใช้มากก็จะยิ่งมีราคาแพงมาก ซึ่งมีการคำนวณเฉพาะค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เท่านั้น โดยราคาค่าไฟจะเป็นอัตราเดียวตลอดทั้งวันในการคิดค่าไฟตามอัตราปกติจะไม่มีการคิดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด แต่จะส่งผลถึงราคาค่าไฟต่อหน่วยที่ทางการไฟฟ้าคิดมาจากค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของทั้งประเทศ ดังนั้นจึงควรควบคุมการใช้ไฟฟ้าให้ไม่สูงมากในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้มาก หรือปรับการใช้ไฟฟ้าให้มีความสม่ำเสมอมากที่สุด โดยการกระจายการใช้โหลดไม่ให้มีการทำงานเพียงช่วงใดช่วงหนึ่ง จะพบว่า พลังงานที่ใช้สูงสุดจะลดลงแต่ยังคงมีการใช้พลังงานเท่าเดิม ดังแสดงในรูปที่ 2.8



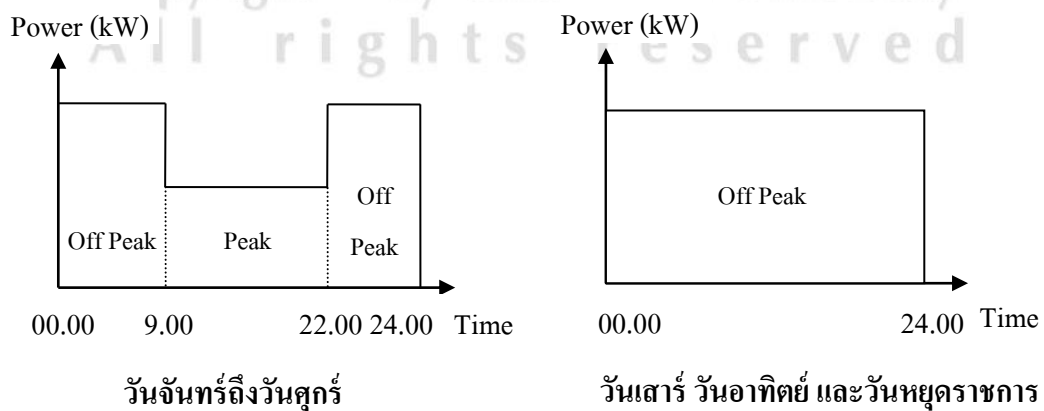
รูปที่ 2.8 กราฟโหลดเมื่อมีการปรับการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟ้อตราปกติในเวลา 1 วัน

กรณีที่ 2 ผู้ใช้ไฟฟ้าตามอัตรา TOU

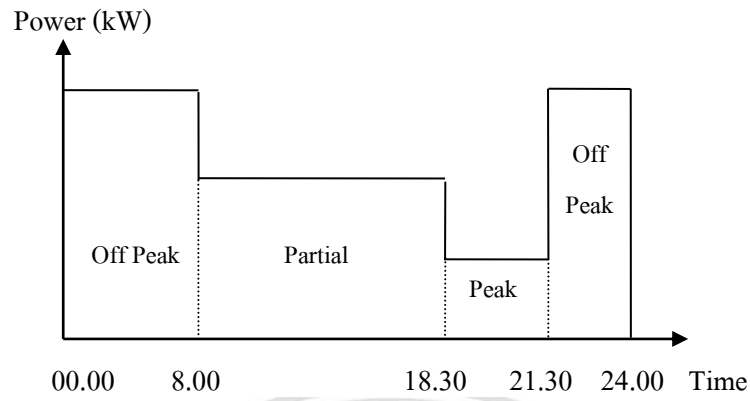
ควรหลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak (09:00-22:00 น. ของวันจันทร์ถึงวันศุกร์ที่ไม่ใช่วันหยุดราชการตามปกติ) และควรใช้ไฟฟ้าให้สม่ำเสมอในช่วงกลางคืนถึงตอนเช้าหรือช่วง Off Peak (22:00-09:00 น. วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ) จากรูปที่ 2.9 แสดงการใช้ไฟที่เหมาะสมของอัตราค่าไฟฟ้าประเภท TOU

กรณีที่ 3 ผู้ใช้ไฟฟ้าตามอัตรา TOD

ควรหลีกเลี่ยงการใช้งานในช่วงหัวค่ำซึ่งมีการใช้ไฟฟ้ามากของวัน ส่งผลให้ค่าความต้องการพลังไฟฟ้ามีราคาแพงจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลานี้ แต่อย่างไรก็ตามผู้ใช้ไฟฟ้าควรเน้นกิจกรรมหลักในช่วงกลางคืน (Off Peak) เนื่องจากไม่มีการคิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า รูปที่ 2.10 แสดงการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับผู้ไฟฟ้าตามอัตราประเภท TOD



รูปที่ 2.9 กราฟโหลดการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอัตรา TOU



รูปที่ 2.10 กราฟโหลดการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอัตรา TOD



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved